

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Nuclear power plants – Instrumentation and control systems important to safety
– Criteria for seismic trip system**

**Centrales nucléaires de puissance – Systèmes d'instrumentation et de contrôle-
commande importants pour la sûreté – Critères pour système de protection
sismique**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63186:2021



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2021 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigendum or an amendment might have been published.

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

The advanced search enables to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee, ...). It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and once a month by email.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: sales@iec.ch.

IEC online collection - oc.iec.ch

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews. With a subscription you will always have access to up to date content tailored to your needs.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 000 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 18 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications IEC

Le contenu technique des publications IEC est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études, ...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et une fois par mois par email.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: sales@iec.ch.

IEC online collection - oc.iec.ch

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 000 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Nuclear power plants – Instrumentation and control systems important to safety
– Criteria for seismic trip system**

**Centrales nucléaires de puissance – Systèmes d'instrumentation et de contrôle-
commande importants pour la sûreté – Critères pour système de protection
sismique**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 27.120.20

ISBN 978-2-8322-1011-7

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

CONTENTS

FOREWORD.....	3
INTRODUCTION.....	5
1 Scope.....	7
2 Normative references	7
3 Terms and definitions	8
4 Abbreviated terms	9
5 General considerations.....	10
5.1 Purpose	10
5.2 Decision issues for the seismic trip system implementation.....	10
5.3 Categorization and classification.....	11
5.4 Multi-unit station consideration	11
6 System design requirements.....	11
6.1 General.....	11
6.2 Seismic design requirements	11
6.3 System architecture	11
6.4 Mounting locations.....	12
6.5 Tripping variable	12
6.6 Triggering level and trip set-point.....	12
6.7 Interface requirements	13
6.8 Human machine interface	13
6.9 Requirements for digital technology application	13
6.10 Environmental conditions	13
6.11 Design provisions for maintenance and testing	14
6.12 Power requirements.....	14
7 Component design requirements	14
7.1 General.....	14
7.2 Acceleration sensor requirements	14
7.2.1 Performance requirement	14
7.2.2 Installation considerations	14
7.3 Signal processing component	15
7.4 Logic component requirements	15
8 Qualification requirements	15
8.1 General.....	15
8.2 Environmental qualification	15
8.3 EMC qualification.....	16
8.4 Seismic qualification	16
Annex A (informative) Implementation examples of the seismic trip system	17
A.1 The design of the seismic trip system in CAP1400	17
A.2 The IAPS in a VVER plant.....	19
A.3 The seismic trip system in a French research reactor.....	19
Bibliography.....	20
Figure A.1 – System diagram of ESS system	18

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**NUCLEAR POWER PLANTS – INSTRUMENTATION
AND CONTROL SYSTEMS IMPORTANT TO SAFETY –
CRITERIA FOR SEISMIC TRIP SYSTEM**

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as “IEC Publication(s)”). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

IEC 63186 has been prepared by subcommittee 45A: Instrumentation, control and electrical power systems of nuclear facilities, of IEC technical committee 45: Nuclear instrumentation. It is an International Standard.

The text of this International Standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
45A/1391/FDIS	45A/1397/RVD

Full information on the voting for its approval can be found in the report on voting indicated in the above table.

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/standardsdev/publications.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under webstore.iec.ch in the data related to the specific document. At this date, the document will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63186:2021

INTRODUCTION

a) Technical background, main issues and organization of the standard

Earthquakes pose one of the major external threats to the safe operation of nuclear power plants. Structures, systems and components important to safety of a nuclear power plant are generally designed to tolerate a postulated design basis earthquake. To mitigate the adverse effects of a strong earthquake and further enhance reactor safety, the seismic trip system has been implemented in many reactor designs.

Nevertheless, a dedicated IEC standard for the design of such I&C system was missing. Lessons learned from the Fukushima accident emphasize the importance of installing an automatic seismic trip system as it provides a valuable lead time and enhances the safety margins in potential accident conditions. IEC 63186 is the first effort in this field and provides technical guidance and requirements for the design of this system. It discusses general considerations for a seismic trip system and explains the rationale for the system design. Specific requirements for the system design and equipment specification are presented. Requirements for tests used to demonstrate the functionality of the designed system are also included.

b) Situation of the current standard in the structure of the IEC SC 45A standard series

IEC 63186 is the third level SC 45A document tackling the issue of the seismic trip system design.

It is built upon a number of first and second level SC 45A documents. For example, IEC 63186 refers to IEC 61513 for general requirements, IEC 61226 for classification determination, and IEC/IEEE 60780-323 for testing requirements.

For more details on the structure of the SC 45A standard series see item d) of this introduction.

c) Recommendations and limitations regarding the application of this standard

The design of the seismic trip system should be harmonized with overall plant designs and the seismic design requirements in particular. Key issues to be coordinated include, but are not limited to, classification, system architecture, acceleration sensor mounting positions, interface to actuated device, and trip set-point.

This document focuses on the design requirements for the seismic trip system. Other parts of the system lifecycle, particularly the operation and maintenance requirements are not within the scope of IEC 63186.

d) Description of the structure of the IEC SC 45A standard series and relationships with other IEC documents and other bodies documents (IAEA, ISO)

The top-level documents of the IEC SC 45A standard series are IEC 61513 and IEC 63046. IEC 61513 provides general requirements for I&C systems and equipment that are used to perform functions important to safety in NPPs. IEC 63046 provides general requirements for electrical power systems of NPPs; it covers power supply systems including the supply systems of the I&C systems. IEC 61513 and IEC 63046 are to be considered in conjunction and at the same level. IEC 61513 and IEC 63046 structure the IEC SC 45A standard series and shape a complete framework establishing general requirements for instrumentation, control and electrical systems for nuclear power plants.

IEC 61513 and IEC 63046 refer directly to other IEC SC 45A standards for general topics related to categorization of functions and classification of systems, qualification, separation, defence against common cause failure, control room design, electromagnetic compatibility, cyber security, software and hardware aspects for programmable digital systems, coordination of safety and security requirements and management of ageing. The standards referenced directly at this second level should be considered together with IEC 61513 and IEC 63046 as a consistent document set.

At a third level, IEC SC 45A standards not directly referenced by IEC 61513 or by IEC 63046 are standards related to specific equipment, technical methods, or specific activities. Usually these documents, which make reference to second-level documents for general topics, can be used on their own.

A fourth level extending the IEC SC 45 standard series, corresponds to the Technical Reports which are not normative.

The IEC SC 45A standards series consistently implements and details the safety and security principles and basic aspects provided in the relevant IAEA safety standards and in the relevant documents of the IAEA nuclear security series (NSS). In particular this includes the IAEA requirements SSR-2/1, establishing safety requirements related to the design of nuclear power plants (NPPs), the IAEA safety guide SSG-30 dealing with the safety classification of structures, systems and components in NPPs, the IAEA safety guide SSG-39 dealing with the design of instrumentation and control systems for NPPs, the IAEA safety guide SSG-34 dealing with the design of electrical power systems for NPPs and the implementing guide NSS17 for computer security at nuclear facilities. The safety and security terminology and definitions used by SC 45A standards are consistent with those used by the IAEA.

IEC 61513 and IEC 63046 have adopted a presentation format similar to the basic safety publication IEC 61508 with an overall life-cycle framework and a system life-cycle framework. Regarding nuclear safety, IEC 61513 and IEC 63046 provide the interpretation of the general requirements of IEC 61508-1, IEC 61508-2 and IEC 61508-4, for the nuclear application sector. In this framework IEC 60880, IEC 62138 and IEC 62566-2 correspond to IEC 61508-3 for the nuclear application sector. IEC 61513 and IEC 63046 refer to ISO as well as to IAEA GS-R part 2 and IAEA GS-G-3.1, and IAEA GS-G-3.5 for topics related to quality assurance (QA). At level 2, regarding nuclear security, IEC 62645 is the entry document for the IEC/SC 45A security standards. It builds upon the valid high level principles and main concepts of the generic security standards, in particular ISO/IEC 27001 and ISO/IEC 27002; it adapts them and completes them to fit the nuclear context and coordinates with the IEC 62443 series. At level 2, IEC 60964 is the entry document for the IEC/SC 45A control rooms standards and IEC 62342 is the entry document for the ageing management standards.

NOTE It is assumed that for the design of I&C systems in NPPs that implement conventional safety functions(e.g. to address worker safety, asset protection, chemical hazards, process energy hazards) international or national standards would be applied.

NUCLEAR POWER PLANTS – INSTRUMENTATION AND CONTROL SYSTEMS IMPORTANT TO SAFETY – CRITERIA FOR SEISMIC TRIP SYSTEM

1 Scope

This document specifies the minimum requirements for the design of the seismic trip system, and the components thereof, used in a nuclear power plant to mitigate seismic effects. This system is intended to shut down the reactor in operation automatically before it is significantly impacted by the vibratory ground motion incurred by strong earthquakes. This document is applicable to both the design of new built plants and the upgrading of plants in operation. It may be used for the design of other types of nuclear facilities where normal operation shall be stopped in case of strong seismic motions.

NOTE In addition to the seismic trip system, other names are possible for the system covered in this document, e.g. automatic seismic trip system or earthquake scram/trip system.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60529, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 60671, *Nuclear power plants – Instrumentation and control systems important to safety – Surveillance testing*

IEC 60709, *Nuclear power plants – Instrumentation, control and electrical power systems important to safety – Separation*

IEC/IEEE 60780-323, *Nuclear facilities – Electrical equipment important to safety – Qualification*

IEC 60880, *Nuclear power plants – Instrumentation and control systems important to safety – Software aspects for computer-based systems performing category A functions*

IEC/IEEE 60980-344:2020, *Nuclear facilities – Equipment important to safety – Seismic qualification*

IEC 60987, *Nuclear power plants – Instrumentation and control important to safety – Hardware requirements*

IEC 61226, *Nuclear power plants – Instrumentation, control and electrical power systems important to safety – Categorization of functions and classification of systems*

IEC 61513:2011, *Nuclear power plants – Instrumentation and control important to safety – General requirements for systems*

IEC 62003, *Nuclear power plants – Instrumentation, control and electrical power systems – Requirements for electromagnetic compatibility testing*

IEC 62138, *Nuclear power plants – Instrumentation and control systems important to safety – Software aspects for computer-based systems performing category B or C functions*

IEC 62566, *Nuclear power plants – Instrumentation and control important to safety – Development of HDL-programmed integrated circuits for systems performing category A functions*

IEC 62566-2, *Nuclear power plants – Instrumentation and control systems important to safety – Development of HDL-programmed integrated circuits – Part 2: HDL-programmed integrated circuits for systems performing category B or C functions*

IEC 62645, *Nuclear power plants – Instrumentation, control and electrical power systems – Cybersecurity requirements*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <http://www.iso.org/obp>

3.1

acceleration sensor

instrument capable of sensing absolute acceleration and producing an analog or digital signal

3.2

cumulative absolute velocity

time integral of absolute acceleration over the duration of the strong earthquake shaking

3.3

free field

location on the ground surface or in the site soil column that is sufficiently distant from the site structures to be essentially unaffected by the vibration of the site structures

3.4

operating basis earthquake

OBE/S1

earthquake that could reasonably be expected to occur at the plant site during the operating life of the plant considering the regional and local geology and seismology and specific characteristics of local subsurface material

Note 1 to entry: It is that earthquake that produces the vibratory ground motion for which those features of the nuclear power plant, necessary for continued operation without undue risk to the health and safety of the public, are designed to remain functional.

[SOURCE: IEC/IEEE 60980-344, 2020, 3.25]

3.5

peak ground acceleration

PGA

the maximum absolute value of ground acceleration displayed on an accelerogram; the greatest ground acceleration produced by an earthquake at a site

[SOURCE: IAEA Safety Glossary, 2018 Edition]

3.6**qualification**

process of determining whether a system or component is suitable for operational use. The qualification is performed in the context of a specific class of the I&C system and a specific set of qualification requirements

[SOURCE: IEC 61513, 2011, 3.38]

3.7**safe shutdown earthquake****SSE/S2**

earthquake that is based upon an evaluation of the maximum earthquake potential considering the regional and local geology and seismology and specific characteristics of local subsurface material. It is that earthquake that produces the maximum vibratory ground motion for which certain structures, systems, and components are designed to remain functional. These structures, systems, and components are those necessary to provide reasonable assurance of the following:

- a) Integrity of the reactor coolant pressure boundary
- b) Capability to shut down the reactor and maintain it in a safe shutdown condition
- c) Capability to prevent or mitigate the consequences of accidents that could result in potential offsite exposures comparable to applicable regulatory requirements

[SOURCE: IEC/IEEE 60980-344, 2020, 3.39]

3.8**safety function**

a specific purpose that must be accomplished for safety for a facility or activity to prevent or to mitigate radiological consequences of normal operation, anticipated operational occurrences and accident conditions

[SOURCE: IAEA Safety Glossary, 2018 Edition]

3.9**tri-axial**

able to measure a variable in three mutually orthogonal components (directions), one of which is usually vertical

Note 1 to entry: Applies to description of the function of an instrument or group of instruments.

4 Abbreviated terms

ALARA	As Low As Reasonably Achievable
CAV	Cumulative Absolute Velocity
CRDM	Control Rod Drive Mechanism
EMC	Electromagnetic Compatibility
ESS	Earthquake Scram System
FRS	Floor Response Spectrum
FPGA	Field Programmable Gate Array
HMI	Human Machine Interface
IAPS	Industrial Anti-Seismic Protecting System
I&C	Instrumentation and Control
MEMS	Micro-Electromechanical Systems
NPP	Nuclear Power Plant

PGA	Peak Ground Acceleration
SOE	Sequence of Event
SSCs	Structures, Systems and Components
VVER	Water-Water Hull Nuclear Power Reactor with Pressurized Water

5 General considerations

5.1 Purpose

Earthquakes pose one of the major external threats to the safe operation of nuclear power plants. To withstand the potential effects of earthquakes, structures, systems and components important to safety of a nuclear power plant are generally designed to tolerate a postulated design basis earthquake. To mitigate the adverse effects of a strong earthquake and further enhance reactor safety, the seismic trip system has been implemented in some reactor designs.

The seismic trip system may be used for different purposes, e.g. as a precautionary measure against inadequate seismic designs identified during operation. In cases where geological studies or observed earthquakes near the site indicate that the risk of seismic hazard is higher than the design basis, then the seismic trip system may be applied as an additional measure to enhance the seismic robustness for an operating plant.

In other cases, where the expected seismic level is bounded by design basis earthquakes, safety systems are adequately engineered to implement the desired safety functions during and after seismic motions. In such cases the seismic trip system may be deployed to further improve reactor safety against earthquakes. Both experience and technical studies have indicated that an immediate seismic trip during a strong earthquake can provide a favourable lead time, e.g. between 5 s to 20 s, which helps to reduce the loads during the seismic event and there will be less burden incurred on the plant systems. Such lead-time also helps to reduce the likelihood of a loss-of-coolant accident or severe transient after a seismic event. For example, earlier trip can reduce transient pressure and loads, as well as the heat generation rate in the core. In the event of a loss-of-coolant accident, an earlier trip will reduce the fuel rod temperature transient and the containment vessel pressure.

A seismic trip system can contribute to the safety of an operating nuclear power plant by mitigating the risk from seismic activity. The timing of the seismic trip system tripping actuation may be of relevance to facilitate post-trip analysis, therefore the actuation status of the seismic trip system may be transmitted to an SOE system.

Some examples of implementation of the seismic trip system are given in Annex A.

5.2 Decision issues for the seismic trip system implementation

The decision to install a seismic trip system will depend upon national regulatory requirements, the conclusions from the plant safety analysis and the utility owner's considerations. In general, a well-informed decision should take into account the following factors:

- The level, frequency and duration of earthquake activity at the plant site.
- The robustness of nuclear power plant systems against seismic shocks.
- Considerations relating to spurious trips.
- Impact on national or local electricity grid stability.
- Mandatory requirements manifested in national regulations.
- Other factors as applicable and appropriate.

A decision may be made based on one or a combination of these factors, and the relative importance of each of the issues may vary from one country to another.

5.3 Categorization and classification

The safety class of a seismic trip system shall correspond to its assigned category of functions in accordance with IEC 61226 and IEC 61513 and in particular mandatory national regulation requirements. In international practices, seismic trip systems classified as Category B or C are both found.

The seismic trip function may either be implemented in a standalone system or integrated as a part into other I&C systems. In the case of integration into other systems, the seismic trip system shall be designed in such a way as to prevent the propagation of failures from or to the integrated system.

5.4 Multi-unit station consideration

If the seismic trip system is shared by multiple units located at the same site, then the transient affect on the grid due to simultaneous tripping by spurious actuation should be considered, especially for countries with small national grids, as this might lead to failure of the national grid.

Where it is determined appropriate to share the seismic trip system trip signals, annunciations shall be made in each plant. Caution should be taken when transmitting the trip actuation signals across the units, to ensure their functionality during and after S2 earthquakes. Adequate electrical isolation shall be provided for the trip actuation signal.

6 System design requirements

6.1 General

The seismic trip system continuously monitors the site seismic activities, and automatically generates a trigger signal when the monitored variable exceeds the set-point or prescribed criterion. The trip signal is sent to trip the reactor by selected means, e.g. opening circuit breakers controlling power feed to control rod drive mechanisms (CRDMs).

Design efforts shall be commensurate with the safety significance and classification assigned to the seismic trip system, which is the result of overall plant design considerations. Special considerations shall be taken into account to avoid spurious reactor trip as much as technologically possible.

6.2 Seismic design requirements

The seismic trip system is intended to implement automatic reactor trip on occurrence of a strong earthquake; subsequently it is an inherent requirement for the system and its components to remain functional during and after an earthquake. In order to guarantee such capabilities, the seismic trip system shall be designed, fabricated, and tested against the design basis earthquake known as S1/S2. The level shall be chosen according to the system design. This shall be ensured by qualification in conformance with IEC/IEEE 60980-344.

6.3 System architecture

The engineered system architecture for the seismic trip system shall comply with applicable requirements from IEC 61513. In particular, the seismic trip system architecture shall be designed to prevent spurious reactor trips.

To achieve the goal of high system reliability and low spurious actuation risk, the seismic trip system shall employ a redundant structure to implement coincidence between redundant channels to initiate a correct triggering output. Adequate provisions, especially physical and electrical separation, shall be used to ensure independence, as required by IEC 60709.

The categorization and classification of the system shall be determined taking into account the issues addressed in 5.3.

6.4 Mounting locations

To enable reliable set-point exceedance determination, tri-axial acceleration sensors used by the seismic trip system shall be placed where floor or ground vibration has been theoretically modelled and verified from dynamic calculation of seismic responses in the civil structures following an earthquake. The acceleration sensors should be placed at locations on the civil structures with the same seismic response so that the coincidence can be accurately detected.

The sensors should be located where the seismic response has been shown to be close to the incoming earthquake, or elsewhere justified. This may be on the nuclear building basement. In contrast, it is not recommended to place acceleration sensors in the free field for the purpose of reactor tripping, which makes it vulnerable to inadvertent impact as well as cabling failures.

To avoid spurious actuation incurred by localized vibration, acceleration sensors shall be dispersed and located at an adequate distance from all equipment which generates vibration or impacts during operation, either normally or accidentally. Some implementation may install redundant groups of sensors at different elevations to offer more diversity.

The principle of ALARA (as-low-as-reasonably-achievable) shall be followed to reduce the occupational risk of radiation for maintenance staff.

6.5 Tripping variable

Ground vibration signals may be processed using different algorithms to generate the trip signal. This includes peak ground acceleration (PGA), cumulative absolute velocity (CAV), and response spectrum, etc. In order to achieve the desired lead time, PGA should be used as the preferred tripping variable.

6.6 Triggering level and trip set-point

Consistent with the seismic design practices, the trip set-point may be determined with reference to S1 or S2. Internationally, the set-points close to S1 or S2, known as the lower and higher triggering levels respectively, are both found in practical applications. There are even examples of very low level trips in the order of 20 milli g (equivalent to $20 \times 10^{-3} \times 9,81 \text{ ms}^{-2}$) to increase a site's readiness for beyond-design earthquakes.

The lower triggering level is associated with S1 level earthquake, which is usually concerned with normal operation limits. At this level, SSCs important to safety are expected to remain functional, though the NPP may be required to shutdown in order to comply with licensing conditions. A lower automatic triggering level is expected to lead to earlier reactor trip before maximum shaking of the earthquake. This enables the heat generation rate in the core to be reduced which should reduce the transient pressure and other loads on the NPP.

The higher triggering level is associated with S2 level earthquake, beyond which significant damage may be incurred by strong seismic motion. A higher triggering level may reduce the probability of spurious trip induced by lower level earthquake, equipment vibration or inadvertent impact.

The set-point chosen for a specific application shall be carefully evaluated with set-point analysis based on Floor Response Spectrum (FRS) at seismic sensor mounting locations. In cases where the seismic trip system is intended to cope with concerns that actual earthquakes will probably exceed the design basis, a trip set-point close to the S2 level should be implemented. If earlier reactor trip before maximum shaking of the earthquake is the rationale for the seismic trip system implementation, then trip set-point near S1 is preferred. For the latter situation, if spurious tripping is a major concern, a higher tripping level may be adopted.

6.7 Interface requirements

The interfaces between the seismic trip system and other systems shall be designed to minimize the effect of equipment failures, prevent the propagation of failures between systems and minimize the probability of spurious tripping of the seismic trip system. Particular attention shall be given to the type of trip logic to be used (e.g. de-energize to trip versus energize to trip), which dramatically impacts the likelihood of spurious actuation.

The seismic trip system actuation shall be indicated in the main control room by visual and audio alarms, alerting the operators that a triggering event has happened. To facilitate event synchronization and post-trip analysis, the seismic trip system actuation signals should be transmitted to and recorded by the sequence-of-event (SOE) computer or controller.

In some cases, an unplanned trip of the reactor without tripping the turbine may result in undesirable results, e.g. unnecessary actuation of an engineered safety feature. Accordingly, appropriate interlocks, with sufficient isolation and suitable time delay, should be implemented between the seismic trip system and turbine trip, to prevent such undesirable consequences.

Those signals from the seismic trip system sent to systems of lower safety class shall be isolated, to prevent interference due to failure of the system to which the signal is sent. The requirements of IEC 60709 shall be satisfied.

6.8 Human machine interface

The seismic trip system should provide user-friendly human machine interface (HMI). The actuation status and system operating conditions should be indicated via the HMI at the local cabinet or control panel. There shall be sufficient HMI resources to support various operations such as testing, parameter setting and bypassing. Online testing capabilities should be provided as far as possible, in order to alleviate maintenance staff workload and enhance system reliability. The HMI shall fulfil cyber security requirements to avoid spurious trips.

6.9 Requirements for digital technology application

If the seismic trip system is implemented using programmable digital devices, such as micro-processors, FPGAs, or MEMS device using embedded digital technologies, requirements in IEC 60987, IEC 60880, IEC 62138, IEC 62566 and IEC 62566-2 shall be satisfied, as appropriate.

To mitigate cyber security threats posed by application of digital technologies, the requirements provided in IEC 62645 shall be implemented.

6.10 Environmental conditions

The seismic trip system shall be designed to withstand environmental conditions of the location where it is installed, including temperature, humidity, pressure, radiation and electromagnetic interference, during all applicable operation conditions.

The endurance and service life under the prescribed conditions, including operations and potential hazard conditions, shall be verified through testing or analysis.

6.11 Design provisions for maintenance and testing

The seismic trip system shall be designed with service functions to facilitate maintenance and testing activities. The testing, calibrating and maintenance program should be specified during the design phase and performed periodically during service. Acceleration sensors should be testable in power operation without interference with the performance of the intended function of the seismic trip system.

The applicable requirements of IEC 60671 shall be satisfied in the seismic trip system design. Self-diagnosis should be provided to reveal component failures. Particular attention should be given to the calibration of tri-axial acceleration sensors. A shaker table may need to be available to facilitate routine calibration.

6.12 Power requirements

The seismic trip system shall be provided with uninterrupted electrical power, which may be achieved in different ways, to ensure reliable system operation. The power supply shall ensure system functioning during and after the expected earthquake, meanwhile avoiding spurious trip in case of internal failure. The level shall be chosen according to the system design.

7 Component design requirements

7.1 General

A standalone seismic trip system typically consists of tri-axial acceleration sensors, signal processing devices, trip logic assemblies and actuation interface device. If integrated with other I&C systems, some of the abovementioned components may not be needed in the seismic trip system.

The appropriate degree of environmental protection, as defined in IEC 60529, for these components shall be specified so that they can withstand the operational conditions over their service life.

7.2 Acceleration sensor requirements

7.2.1 Performance requirement

Tri-axial acceleration sensors should be used for monitoring seismic motions in the seismic trip system, and the following specification shall be met as a minimum:

- The dynamic range shall be 1000:1 zero to peak, or greater, and commensurate with the seismic response at the chosen installation points.
- The frequency range shall be at least 2 Hz to 50 Hz or an equivalent demonstrated to be adequate by computational techniques applied to the resultant accelerogram.
- There shall be no spurious resonances within frequency range of application, e.g., 2 Hz to 50, 0 Hz.

The cross-axis sensitivity to acceleration components orthogonal to the sensing axis shall not exceed 0,03 g/g.

7.2.2 Installation considerations

The acceleration sensor shall be rigidly mounted at the selected location so that no movement relative to the mounting support can occur.

Each acceleration sensor shall be orientated so that its axes are parallel to the axes of the coordinate system used for the seismic analysis of the reactor building.

The sensor shall be protected against the adverse environmental parameters, including radiation, temperature, humidity, electromagnetic fields and accidental impact, etc.

7.3 Signal processing component

The signal processing unit receives signals from acceleration sensors and conditions them prior to comparison with trip set points. It should include low-pass filtering with a cut-off frequency around 10 Hz while taking care to remove most of the signal above 20 Hz, which is critical to prevent spurious triggering from unexpected impact, e.g. collapse of adjacent structures. Care should be taken to address the issue of signal distortion induced by filtering, which may result in errors leading to spurious triggering.

7.4 Logic component requirements

The logic component receives the conditioned tri-axial acceleration sensor signals, compares the monitored acceleration to the predetermined value, and generates a triggering signal when the set-point is exceeded. Alternatively, it may receive triggering signals from the processing components if set-point checking functionality is implemented there.

Note that in each channel there are 3 signals generated by a tri-axial acceleration sensor. Set-point exceedance in any of the 3 signals may trigger the specific channel. Alternatively, combining the 3 signals beforehand and triggering a shutdown based on one set-point of the combined vectors is possible.

Triggering signals from all the operational channels shall be combined in the coincidence logic to produce a global trip signal, which is transmitted to the actuated device for the trip actuation.

As the acceleration sensors are dispersed within the building to minimise the probability of spurious trips, there can be an asynchronous dynamic response from these mounting points. Therefore, the trip status should be latched for a period of time, e.g. 10 s, to accommodate the possible discrepancy.

8 Qualification requirements

8.1 General

In order to verify that the seismic trip system and the components thereof are capable of performing their intended functions when needed throughout their designed life, qualification shall be conducted as appropriate, including environmental, seismic and electromagnetic compatibility (EMC) tests.

The specified qualification requirements shall be commensurate with the category of the seismic trip system equipment, as determined in 5.3. The typical tests sequence shall be in accordance with the requirements of IEC/IEEE 60780-323 as applicable.

In addition, appropriate type tests shall be performed in accordance with applicable industrial standards.

8.2 Environmental qualification

The normal and extreme ranges of environmental conditions that the seismic trip system is required to withstand shall be specified in accordance with the equipment location in the plant. The equipment shall be tested for the specified environment as per IEC/IEEE 60780-323.

8.3 EMC qualification

The electromagnetic conditions at the point of installation for the seismic trip system components shall be specified before defining a test program. IEC 62003 or other standards as endorsed by the national regulatory body shall be followed for the purpose of EMC testing.

8.4 Seismic qualification

The seismic trip system equipment shall be tested for operability during and after the expected seismic event at the mounting location of the equipment in accordance with IEC/IEEE 60980-344. The level shall be chosen according to the system design. The seismic tests shall be performed by subjecting the equipment to vibratory motion that conservatively simulates the expected seismic response imposed on the equipment during the seismic event.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63186:2021

Annex A (informative)

Implementation examples of the seismic trip system

A.1 The design of the seismic trip system in CAP1400

CAP1400 is an advanced large passive pressurized water reactor developed by China, which has provision for automatic seismic trip to further enhance the reactor safety. The system is designated as Earthquake Scram System (ESS), which is complementary to the Seismic Monitoring System and is independent from the reactor protection system.

The ESS consists of 4 sets of tri-axial acceleration sensors and 2 logic cabinets. The 4 sets of tri-axial acceleration sensors are distributed outside of containment, on the foundation of nuclear island, taking into due account of the principle of ALARA. The two cabinets are installed in different I&C rooms. Each cabinet performs the 2-out-4 logic, where the output is used to actuate the outgoing circuit breaker for one motor-generator set, which powers the CRDM coils. Essentially the final actuation takes the form of 2 out of 2 coincidences, minimizing spurious actuation. See Figure A.1.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63186:2021

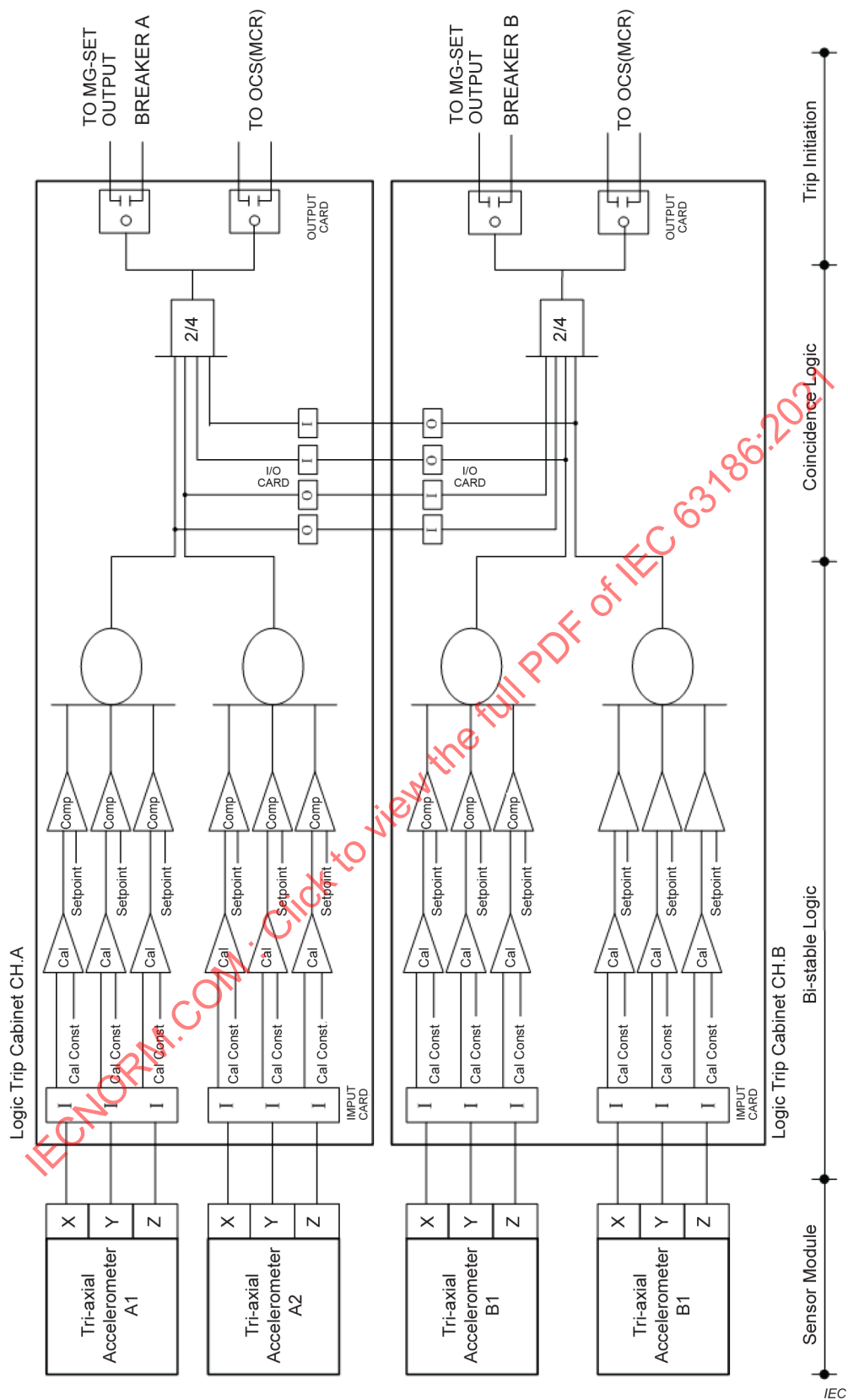


Figure A.1 – System diagram of ESS system

A.2 The IAPS in a VVER plant

This example is based on the VVER reactor deployed in Tianwan Nuclear Power Plant in China. The seismic trip system installed is also known as IAPS system which is a subsystem of reactor protecting system. Both the seismic monitoring and automatic seismic trip functions are integrated in the IAPS.

Fourteen tri-axial acceleration sensors are employed by IAPS. In which 6 of them are used to monitor the seismic activities, and the others are used for the reactor trip purposes.

The IAPS is divided into four redundant trains, and each train is isolated. For each train, it consists of a signal processing and data storing cabinet, several tri-axial acceleration sensors located in different areas of the plant and a recording device. Cabinets are installed in different and physically segregated rooms. Information exchanging module and power supply module are equipped in each cabinet.

A.3 The seismic trip system in a French research reactor

The seismic trip system consists of redundant tri-axial acceleration sensors (3) and redundant logic cabinet.

Redundant cabinets are installed in different I&C rooms, belonging to distinct fire sectors, and are emergency power supplied (batteries). Each cabinet performs the 2-out of-3 logic, where the output is used to actuate the outgoing circuit breaker.

Trip logic is generally performed by protection system (class 1). Sensor and associated processing unit that permit to detect that acceleration is up to trip set points are designed with respect to class 2 design requirements.

Diagnostic based on comparison of redundant signals and on self-test capabilities of processing paths is implemented. It contributes to the reliability of the system (by limiting repair time of some equipment in case of detected failure).

Peak acceleration is utilized as the trip variable.

The system has been designed to meet the single failure criterion, so that no single failure will lead to spurious trip.

Bibliography

IAEA, *Safety Glossary*, 2018 Edition

IAEA NS-G-1.6, *Seismic Design and Qualification for Nuclear Power Plants*

IAEA Safety Reports Series No.66, *Earthquake Preparedness and Response for Nuclear Power Plants*

IEEE 603, *IEEE Standard Criteria for Safety Systems for Nuclear Power Generating Stations*

ANSI/ANS 2.2, *Earthquake Instrumentation Criteria for Nuclear Power Plants*

KTA 2201.5, *Design of nuclear power plants against seismic events – Part 5: Seismic instrumentation*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63186:2021

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63186:2021

SOMMAIRE

SOMMAIRE	22
AVANT-PROPOS	23
INTRODUCTION	25
1 Domaine d'application	28
2 Références normatives	28
3 Termes et définitions	29
4 Termes abrégés	31
5 Considérations générales	31
5.1 Objet	31
5.2 Questions relatives à la décision de mettre en œuvre un système de protection sismique	32
5.3 Catégorisation et classification	32
5.4 Considérations relatives aux centrales à plusieurs réacteurs	32
6 Exigences de conception du système	33
6.1 Généralités	33
6.2 Exigences de conception sismique	33
6.3 Architecture du système	33
6.4 Lieux d'implantation	33
6.5 Variable de déclenchement	34
6.6 Seuil de déclenchement et point de consigne d'arrêt	34
6.7 Exigences relatives aux interfaces	34
6.8 Interface homme-machine	35
6.9 Exigences relatives à l'application des technologies numériques	35
6.10 Conditions environnementales	35
6.11 Dispositions de conception pour la maintenance et les essais	35
6.12 Exigences relatives à l'alimentation électrique	36
7 Exigences de conception des unités de traitement	36
7.1 Généralités	36
7.2 Exigences relatives aux accéléromètres	36
7.2.1 Exigence de performance	36
7.2.2 Considérations relatives à l'installation	36
7.3 Unité de traitement des signaux	37
7.4 Exigences relatives au traitement logique	37
8 Exigences de qualification	37
8.1 Généralités	37
8.2 Qualification environnementale	37
8.3 Qualification CEM	38
8.4 Qualification sismique	38
Annexe A (informative) Exemples de mises en œuvre du système de protection sismique	39
A.1 Conception du système de protection sismique pour CAP1400	39
A.2 IAPS dans une centrale VVER	41
A.3 Système de protection sismique dans un réacteur de recherche français	41
Bibliographie	42

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**CENTRALES NUCLÉAIRES DE PUISSANCE – SYSTÈMES
D'INSTRUMENTATION ET DE CONTRÔLE-COMMANDE
IMPORTANTES POUR LA SÛRETÉ – CRITÈRES POUR
SYSTÈME DE PROTECTION SISMIQUE**

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, l'IEC - entre autres activités - publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets.

L'IEC 63186 a été établie par le sous-comité 45A: Systèmes d'instrumentation, de contrôle-commande et d'alimentation électrique des installations nucléaires, du comité d'études 45 de l'IEC: Instrumentation nucléaire. Il s'agit d'une Norme internationale.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
45A/1391/FDIS	45A/1397/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à son approbation.

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Le présent document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/standardsdev/publications.

Le comité a décidé que le contenu du présent document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. A cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63186:2021

INTRODUCTION

a) Contexte technique, questions principales et structure de la présente norme

Les séismes font partie des principales menaces externes qui pèsent sur la sûreté de fonctionnement des centrales nucléaires de puissance. Les structures, systèmes et composants importants pour la sûreté d'une centrale nucléaire de puissance sont généralement conçus pour tolérer un séisme de dimensionnement postulé. Afin d'atténuer les effets négatifs d'un fort séisme et de renforcer la sûreté du réacteur, le système de protection sismique a été implanté dans de nombreuses conceptions de réacteur.

Néanmoins, une norme IEC dédiée à la conception de ce système d'I&C faisait défaut. Les enseignements tirés de l'accident de Fukushima soulignent l'importance d'installer un système d'arrêt rapide automatique en cas de séisme, dans la mesure où un tel système assure un délai d'anticipation significatif et augmente les marges de sûreté dans de potentielles conditions accidentelles. L'IEC 63186 constitue le premier effort dans ce domaine et fournit des recommandations et des exigences techniques pour la conception de ce système. Elle traite des considérations générales relatives à un système de protection sismique et expose la justification de la conception du système. Les exigences spécifiques à la conception du système et à la spécification de l'équipement sont énoncées. Les exigences concernant les essais utilisés pour démontrer la fonctionnalité du système conçu sont également incluses.

b) Positionnement de la présente norme dans la structure de la collection de normes du SC 45A de l'IEC

L'IEC 63186 est le document du SC 45A de l'IEC de troisième niveau qui traite de la conception des systèmes de protection sismique.

Elle est élaborée sur un certain nombre des documents du SC 45A de l'IEC de premier et de deuxième niveau. Par exemple, l'IEC 63186 fait référence à l'IEC 61513 pour les exigences générales, à l'IEC 61226 pour la détermination de la classification, et à l'IEC/IEEE 60780-323 pour les exigences relatives aux essais.

Pour plus d'informations sur la structure de la collection des normes du SC 45A de l'IEC, voir le point d) de la présente introduction.

c) Recommandations et limites relatives à l'application de la présente norme

Il convient d'harmoniser la conception du système de protection sismique avec la conception globale de la centrale et en particulier avec les exigences de conception sismique. Les questions essentielles à coordonner incluent, entre autres, la classification, l'architecture du système, les positions de montage des accéléromètres, l'interface avec le dispositif activé et le point de consigne d'arrêt.

Le présent document traite des exigences de conception du système de protection sismique. Les autres parties du cycle de vie du système, notamment les exigences de fonctionnement et de maintenance, sont hors du domaine d'application de l'IEC 63186.

d) Description de la structure de la collection des normes du SC 45A de l'IEC et relations avec d'autres documents de l'IEC, et avec les documents d'autres organisations (AIEA, ISO)

Les documents de niveau supérieur dans la collection des normes établies par le SC 45A de l'IEC sont les normes IEC 61513 et IEC 63046. La norme IEC 61513 donne des exigences générales relatives aux systèmes et équipements d'instrumentation et de contrôle-commande (systèmes d'I&C) utilisés pour exécuter des fonctions importantes pour la sûreté des centrales nucléaires de puissance. La norme IEC 63046 traite des exigences générales relatives aux systèmes d'alimentation électrique des centrales nucléaires de puissance; elle couvre les systèmes d'alimentation électrique y compris les alimentations des systèmes d'I&C. Les normes IEC 61513 et IEC 63046 doivent être prises en compte ensemble et au même niveau. Les normes IEC 61513 et IEC 63046 structurent la collection de normes du SC 45A de l'IEC et forment un cadre complet qui établit les exigences générales relatives aux systèmes d'I&C et électriques des centrales nucléaires de puissance.

Les normes IEC 61513 et IEC 63046 font directement référence à d'autres normes du SC 45A de l'IEC qui traitent de sujets généraux, tels que la catégorisation des fonctions et le classement des systèmes, la qualification, la séparation des systèmes, la défense contre les défaillances de cause commune, la conception des salles de commande, la compatibilité électromagnétique, la cybersécurité, les aspects logiciels et matériels relatifs aux systèmes numériques programmables, la coordination des exigences de sûreté et de sécurité et la gestion du vieillissement. Il convient de considérer que ces normes, auxquelles il est fait référence à ce deuxième niveau, forment, avec les normes IEC 61513 et IEC 63046, un ensemble documentaire cohérent.

Au troisième niveau, les normes du SC 45A de l'IEC, qui ne sont généralement pas citées en référence directement par les normes IEC 61513 ou IEC 63046, traitent de matériels particuliers, de méthodes techniques ou d'activités spécifiques. Généralement ces documents, qui font référence aux documents de deuxième niveau pour les sujets généraux, peuvent être utilisés de façon isolée.

Un quatrième niveau qui est une extension de la collection de normes du SC 45 de l'IEC correspond aux rapports techniques qui ne sont pas des documents normatifs.

Les normes de la collection du SC 45A de l'IEC mettent en œuvre de manière systématique et décrivent les principes de sûreté et de sécurité et les aspects fondamentaux donnés dans les normes de sûreté de l'AIEA pertinentes pour les centrales nucléaires de puissance, ainsi que dans les documents pertinents de la collection de l'AIEA pour la sécurité nucléaire de puissance (NSS), en particulier avec le document SSR-2/1 qui établit les exigences de sûreté relatives à la conception des centrales nucléaires de puissance, avec le guide de sûreté SSG-30 qui traite du classement de sûreté des structures, systèmes et composants des centrales nucléaires de puissance, avec le guide de sûreté SSG-39 qui traite de la conception de l'instrumentation et du contrôle commande des centrales nucléaires de puissance, avec le guide de sûreté SSG-34 qui traite de la conception des systèmes d'alimentation électrique des centrales nucléaires de puissance, et avec le guide de mise en œuvre NSS17 traitant de la sécurité informatique pour les installations nucléaires. La terminologie et les définitions utilisées pour la sûreté et la sécurité dans les normes établies par le SC 45A sont conformes à celles utilisées par l'AIEA.

Les normes IEC 61513 et IEC 63046 ont adopté une présentation similaire à celle de la publication fondamentale de sécurité IEC 61508, avec un cycle de vie d'ensemble et un cycle de vie des systèmes. En ce qui concerne la sûreté nucléaire, les normes IEC 61513 et IEC 63046 donnent l'interprétation des exigences générales des parties 1, 2 et 4 de l'IEC 61508 pour le secteur nucléaire. Dans ce cadre, l'IEC 60880, l'IEC 62138 et l'IEC 62566-2 correspondent à la partie 3 de l'IEC 61508 pour le secteur nucléaire. Les normes IEC 61513 et IEC 63046 font référence aux normes ISO ainsi qu'aux documents AIEA GS-R partie 2 et AIEA GS-G-3.1 et AIEA GS-G-3.5 pour ce qui concerne l'assurance qualité. Au second niveau, en ce qui concerne la sûreté nucléaire, la norme IEC 62645 est le document chapeau des normes du SC 45A de l'IEC portant sur la cybersécurité. Elle se fonde sur les principes pertinents de haut niveau et sur les concepts principaux des normes génériques de sûreté, en particulier ISO/IEC 27001 et ISO/IEC 27002; elle les adapte et les complète pour qu'ils deviennent pertinents pour le secteur nucléaire; elle est coordonnée étroitement avec la norme IEC 62443. Au second niveau, la norme IEC 60964 est le document chapeau des normes du SC 45A de l'IEC applicables aux salles de commande et la norme IEC 62342 est le document chapeau des normes du SC 45A de l'IEC applicables à la gestion du vieillissement.

NOTE On considère que pour la conception des systèmes d'I&C qui mettent en œuvre des fonctions de sûreté conventionnelle (par exemple pour couvrir la sécurité des travailleurs, la protection des biens, la prévention contre les risques chimiques, la prévention contre les risques liés au procédé énergétique) des normes nationales ou internationales sont appliquées.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63186:2021

CENTRALES NUCLÉAIRES DE PUISSANCE – SYSTÈMES D'INSTRUMENTATION ET DE CONTRÔLE-COMMANDE IMPORTANTS POUR LA SÛRETÉ – CRITÈRES POUR SYSTÈME DE PROTECTION SISMIQUE

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie les exigences minimales pour la conception du système de protection sismique et de ses composants, utilisés dans une centrale nucléaire de puissance pour limiter les effets d'un séisme. Le système est prévu pour arrêter automatiquement le réacteur en fonctionnement avant qu'il ne soit endommagé de manière significative par le mouvement vibratoire du sol provoqué par de forts séismes. Le présent document est applicable à la conception de nouvelles centrales comme à la mise à niveau de centrales en exploitation. Il peut être utilisé pour la conception d'autres types d'installations nucléaires dont le fonctionnement normal doit être interrompu en cas de mouvements sismiques importants.

NOTE Outre celui de "système de protection sismique", d'autres noms sont possibles pour le système couvert par le présent document, par exemple "système d'arrêt rapide automatique en cas de séisme" ou "système d'arrêt d'urgence/d'arrêt rapide en cas de séisme".

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60529, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

IEC 60671, *Centrales nucléaires de puissance – Systèmes d'instrumentation et de contrôle-commande importants pour la sûreté – Essais de surveillance*

IEC 60709, *Centrales nucléaires de puissance – Systèmes d'instrumentation, de contrôle-commande et d'alimentation électrique importants pour la sûreté – Séparation*

IEC/IEEE 60780-323, *Installations nucléaires – Equipements électriques importants pour la sûreté – Qualification*

IEC 60880, *Centrales nucléaires de puissance – Instrumentation et contrôle-commande importants pour la sûreté – Aspects logiciels des systèmes programmés réalisant des fonctions de catégorie A*

IEC/IEEE 60980-344:2020, *Nuclear facilities – Equipment important to safety – Seismic qualification* (disponible en anglais seulement)

IEC 60987, *Centrales nucléaires de puissance – Systèmes d'instrumentation et de contrôle-commande importants pour la sûreté – Exigences applicables au matériel*

IEC 61226, *Centrales nucléaires de puissance – Systèmes d'instrumentation, de contrôle-commande et d'alimentation électrique importants pour la sûreté – Catégorisation des fonctions et classement des systèmes*

IEC 61513:2011, *Centrales nucléaires de puissance – Instrumentation et contrôle-commande importants pour la sûreté – Exigences générales pour les systèmes*

IEC 62003, *Centrales nucléaires de puissance – Systèmes d'instrumentation, de contrôle-commande et d'alimentation électrique – Exigences relatives aux essais de compatibilité électromagnétique*

IEC 62138, *Centrales nucléaires de puissance – Systèmes d'instrumentation et de contrôle-commande importants pour la sûreté – Aspects logiciels des systèmes informatisés réalisant des fonctions de catégorie B ou C*

IEC 62566, *Centrales nucléaires de puissance – Instrumentation et contrôle-commande importants pour la sûreté – Développement des circuits intégrés programmés en HDL pour les systèmes réalisant des fonctions de catégorie A*

IEC 62566-2, *Centrales nucléaires de puissance – Instrumentation et contrôle-commande importants pour la sûreté – Développement des circuits intégrés programmés en HDL – Partie 2: Circuits intégrés programmés en HDL pour les systèmes réalisant des fonctions de catégorie B ou C*

IEC 62645, *Centrales nucléaires de puissance – Systèmes d'instrumentation, de contrôle-commande et d'alimentation électrique – Exigences relatives à la cybersécurité*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

3.1

accéléromètre

instrument capable de délivrer un signal proportionnel à l'accélération absolue et de produire un signal analogique ou numérique

3.2

vitesse absolue cumulée

intégration au cours du temps de l'accélération absolue sur la durée de la partie forte du séisme

3.3

champ libre

emplacement sur le site qui est suffisamment éloigné des structures de ce site afin de ne pas être perturbé de manière significative par les vibrations des structures du site

3.4

séisme de maintien en exploitation

OBE/S1

séisme dont l'occurrence peut être raisonnablement prévue sur le site de l'installation pendant la durée de vie en service de la centrale, en prenant en considération la géologie et la sismologie régionales et locales, ainsi que les caractéristiques des matériaux en sous-sols

Note 1 à l'article: Ce séisme génère le mouvement vibratoire du sol permettant aux caractéristiques de la centrale nucléaire de puissance, nécessaires au fonctionnement continu sans risque excessif pour la santé et la sécurité du public, de continuer à fonctionner.

Note 2 à l'article: L'abréviation "OBE" est dérivée du terme anglais développé correspondant "operating basis earthquake".

[SOURCE: IEC/IEEE 60980-344, 2020, 3.25]

3.5 accélération maximale du sol PGA

valeur maximale absolue de l'accélération du sol affichée sur un *accélérogramme*; plus grande accélération du sol produite par un séisme sur un site

Note 1 à l'article: L'abréviation "PGA" est dérivée du terme anglais développé correspondant "peak ground acceleration".

[SOURCE: Glossaire de sûreté de l'AIEA, Edition 2018]

3.6 qualification

processus déterminant si un système ou composant est apte à l'utilisation opérationnelle. La qualification est effectuée dans le contexte de la classe de sûreté particulière du système d'I&C et d'un ensemble particulier d'exigences de qualification

[SOURCE: IEC 61513, 2011, 3.38]

3.7 séisme majoré de sécurité SSE/S2

séisme reposant sur l'évaluation du potentiel sismique maximal en prenant en considération la géologie régionale et locale, ainsi que la sismologie et les caractéristiques spécifiques du matériau local en sous-sol. Ce séisme génère le mouvement vibratoire maximal du sol pour lequel certaines structures, certains systèmes et certains composants sont conçus pour rester fonctionnels. Ces structures, systèmes et composants sont ceux permettant d'assurer raisonnablement ce qui suit:

- a) intégrité de l'enveloppe sous pression du fluide réfrigérant;
- b) aptitude à arrêter le réacteur et à le maintenir dans un état d'arrêt de sécurité;
- c) aptitude à prévenir ou atténuer les conséquences d'accidents qui pourraient donner lieu à d'éventuelles expositions extérieures comparables aux exigences réglementaires applicables.

Note 1 à l'article: L'abréviation "SSE" est dérivée du terme anglais développé correspondant "safe shutdown earthquake".

[SOURCE: IEC/IEEE 60980-344, 2020, 3.39]

3.8 fonction de sûreté

but particulier à atteindre aux fins de la sûreté d'une installation ou d'une activité en vue d'empêcher ou d'atténuer les conséquences radiologiques lors du fonctionnement normal, d'incidents de fonctionnement prévus ou de conditions accidentelles

[SOURCE: Glossaire de sûreté de l'AIEA, Edition 2018]

3.9 triaxial

capable de mesurer une variable pour trois composantes (directions) mutuellement orthogonales, l'une d'elles étant généralement verticale

Note 1 à l'article: S'applique à la description de la fonction d'un instrument ou d'un groupe d'instruments.

4 Termes abrégés

ALARA	As Low As Reasonably Achievable (Le plus faible qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre)
CAV	Cumulative Absolute Velocity (Vitesse absolue cumulée)
CRDM	Control Rod Drive Mechanism (Mécanisme de commande de grappes)
CEM	Compatibilité électromagnétique
ESS	Earthquake Scram System (Système d'arrêt d'urgence en cas de séisme)
FRS	Floor Response Spectrum (Spectre de réponse de plancher)
FPGA	Field Programmable Gate Array (Réseau de portes programmable)
IHM	Interface homme-machine
IAPS	Industrial Anti-Seismic Protecting System (Système industriel de protection antisismique)
I&C	Instrumentation et contrôle-commande
MEMS	Micro-Electromechanical Systems (Systèmes microélectromécaniques)
CNP	Centrale nucléaire de puissance
PGA	Peak Ground Acceleration (Accélération maximale du sol)
SOE	Sequence of Event (Séquence d'événements)
SSC	Structures, systèmes et composants
VVER	Water-Water Hull Nuclear Power Reactor with Pressurized Water (Réacteur nucléaire de puissance à caloporteur et modérateur eau à eau pressurisée)

5 Considérations générales

5.1 Objet

Les séismes font partie des principales menaces externes qui pèsent sur la sûreté de fonctionnement des centrales nucléaires de puissance. Afin de résister aux effets potentiels des séismes, les structures, systèmes et composants importants pour la sûreté d'une centrale nucléaire de puissance sont généralement conçus pour tolérer un séisme de dimensionnement postulé. Afin d'atténuer les effets négatifs d'un fort séisme et de renforcer la sûreté du réacteur, le système de protection sismique a été implanté dans certaines conceptions de réacteur.

Le système de protection sismique peut être utilisé à différentes fins, par exemple comme mesure de précaution contre les conceptions sismiques inadéquates identifiées au cours de l'exploitation de la centrale. Lorsque des études géologiques ou des séismes observés à proximité du site indiquent que le risque sismique est supérieur au dimensionnement, alors le système de protection sismique peut être utilisé comme mesure supplémentaire pour augmenter la robustesse sismique d'une centrale en fonctionnement.

Lorsque le niveau sismique postulé est inférieur aux limites de dimensionnement, les systèmes de sûreté sont conçus de façon adéquate pour réaliser les fonctions de sûreté souhaitées pendant et après les mouvements sismiques. Dans ce cas, le système de protection sismique peut être déployé pour renforcer la sûreté du réacteur contre les séismes. L'expérience comme les études techniques ont montré qu'un arrêt immédiat lors d'un fort séisme peut fournir un délai d'anticipation significatif, par exemple de 5 s à 20 s, qui permet de réduire les contraintes sur les systèmes de la centrale pendant l'événement sismique. Ce délai d'anticipation permet également de réduire la probabilité d'accident dû à une perte de liquide de refroidissement ou de transitoires graves après un événement sismique. Par exemple, un arrêt anticipé peut réduire un transitoire de pression et les efforts mécaniques, ainsi que la puissance dans le cœur. En cas d'accident dû à une perte de liquide de refroidissement, un arrêt anticipé réduit les transitoires de température sur le combustible et de pression sur la cuve.

Un système de protection sismique peut contribuer à la sûreté d'une centrale nucléaire de puissance en fonctionnement en atténuant les risques dus à l'activité sismique. La temporisation de l'activation du déclenchement du système de protection sismique peut s'avérer intéressante pour faciliter l'analyse postérieure à l'arrêt rapide, aussi le statut d'activation du système de protection sismique peut être transmis au système de SOE.

Quelques exemples de mises en œuvre du système de protection sismique sont donnés à l'Annexe A

5.2 Questions relatives à la décision de mettre en œuvre un système de protection sismique

La décision d'installer un système de protection sismique dépend des exigences réglementaires nationales, des conclusions tirées de l'analyse de sûreté de la centrale et des considérations de l'exploitant de la centrale. En général, il convient qu'une décision réfléchie tienne compte des facteurs suivants:

- a) le niveau, la fréquence et la durée de l'activité sismique sur le site de la centrale;
- b) la robustesse des systèmes de la centrale nucléaire de puissance contre les chocs sismiques;
- c) les considérations relatives aux arrêts intempestifs;
- d) l'impact sur la stabilité du réseau électrique national ou local;
- e) les exigences obligatoires énoncées par les réglementations nationales;
- f) d'autres facteurs applicables et appropriés.

Une décision peut être prise sur la base d'une combinaison de ces facteurs, et l'importance relative de chacune des questions peut varier d'un pays à l'autre.

5.3 Catégorisation et classification

La classe de sûreté d'un système de protection sismique doit correspondre à sa catégorie attribuée de fonctions selon l'IEC 61226 et l'IEC 61513, et en particulier aux exigences obligatoires des réglementations nationales. Dans la pratique internationale, il existe des systèmes de protection sismique de catégorie B et de catégorie C.

La fonction d'arrêt rapide en cas de séisme peut soit être mise en œuvre dans un système autonome, soit faire partie intégrante d'autres systèmes d'I&C. En cas d'intégration dans d'autres systèmes, le système de protection sismique doit être conçu de manière à empêcher la propagation des défaillances depuis ou vers le système intégré.

5.4 Considérations relatives aux centrales à plusieurs réacteurs

Si le système de protection sismique est partagé par plusieurs réacteurs sur un même site, alors il convient de tenir compte des perturbations induites sur le réseau à la suite de déclenchements intempestifs simultanés, en particulier dans les pays avec de petits réseaux nationaux, cela pouvant conduire à une défaillance du réseau national.

Si le partage des signaux de déclenchement du système de protection sismique est avéré, l'information doit être transmise à chaque tranche de la centrale. Il convient de prendre des précautions lors de la transmission des signaux d'activation de l'arrêt rapide sur les réacteurs, afin d'assurer leur fonctionnalité pendant et après les séismes S2. Les signaux de déclenchement doivent être correctement isolés.

6 Exigences de conception du système

6.1 Généralités

Le système de protection sismique surveille les activités sismiques du site en continu, et génère automatiquement un signal de déclenchement lorsque la variable surveillée dépasse le point de consigne ou le critère établi. Le signal de déclenchement est envoyé pour arrêter rapidement le réacteur par des moyens choisis, par exemple par l'ouverture des disjoncteurs qui contrôlent l'alimentation des mécanismes de commande des grappes (CRDM).

Les efforts de conception doivent être à la mesure de l'importance de la sûreté et de la classification attribuée au système de protection sismique, qui résulte des considérations relatives à la conception globale de la centrale. Des considérations particulières doivent être prises en compte afin d'éviter, autant que technologiquement possible, un arrêt intempestif du réacteur.

6.2 Exigences de conception sismique

Le système de protection sismique est destiné à mettre en œuvre un arrêt automatique du réacteur en cas de fort séisme; par conséquent, une exigence inhérente du système et de ses composants est de rester fonctionnels pendant et après un séisme. Afin d'assurer de telles capacités, le système de protection sismique doit être conçu, fabriqué et soumis à une qualification sismique de sévérité S1/S2. Le niveau doit être choisi en fonction de la conception du système. Cela doit être assuré par la qualification conformément à l'IEC/IEEE 60980-344.

6.3 Architecture du système

L'architecture prévue pour le système de protection sismique doit être conforme aux exigences applicables de l'IEC 61513. En particulier, l'architecture du système de protection sismique doit être conçue pour empêcher les arrêts intempestifs du réacteur.

Pour atteindre l'objectif d'une haute fiabilité du système et d'un faible risque de déclenchement intempestif, le système de protection sismique doit s'appuyer sur une structure redondante pour valider la coïncidence entre les voies redondantes et initier un déclenchement correct. Des dispositions adéquates, notamment une séparation physique et électrique, doivent être prises pour assurer l'indépendance, comme l'exige l'IEC 60709.

La catégorisation et la classification du système doivent être déterminées en tenant compte des questions traitées en 5.3.

6.4 Lieux d'implantation

Pour permettre une détermination fiable du dépassement du point de consigne, les accéléromètres triaxiaux utilisés par le système d'arrêt d'urgence en cas de séisme doivent être placés à l'endroit où la vibration du sol a été théoriquement modélisée et vérifiée à partir du calcul dynamique des réponses sismiques dans les structures civiles à la suite d'un séisme. Il convient d'installer les accéléromètres aux endroits du génie civil qui présentent la même réponse sismique, de manière à pouvoir détecter avec précision la coïncidence.

Il convient d'installer les accéléromètres à l'endroit où la réponse sismique a été démontrée comme proche du séisme entrant, ou justifiée d'une autre manière. Cet endroit peut être situé dans les sous-sols du bâtiment nucléaire. En revanche, il n'est pas recommandé d'installer les accéléromètres dans le champ libre aux fins de l'arrêt du réacteur, car cela le rend vulnérable aux chocs d'inadvertance ainsi qu'aux défaillances de câblage.

Afin d'éviter tout déclenchement intempestif dû à des vibrations locales, les accéléromètres doivent être répartis et situés à une distance adéquate de tous les équipements qui produisent des vibrations ou des chocs pendant leur fonctionnement, de façon normale ou accidentelle. Certaines mises en œuvre peuvent impliquer l'installation de groupes de capteurs redondants à différentes hauteurs, pour une plus grande diversité.

Le principe d'ALARA ("le plus faible qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre") doit être suivi pour réduire le risque d'exposition du personnel de maintenance à des rayonnements dans le cadre de leur activité.

6.5 Variable de déclenchement

Les signaux de vibration du sol peuvent être traités par différents algorithmes afin de générer le signal de déclenchement. Cela comprend l'accélération maximale du sol (PGA), la vitesse absolue cumulée (CAV), le spectre de réponse, etc. Pour obtenir le délai d'anticipation souhaité, il convient d'utiliser la PGA comme variable de déclenchement privilégiée.

6.6 Seuil de déclenchement et point de consigne d'arrêt

En cohérence avec les pratiques de conception sismique, le point de consigne d'arrêt peut être déterminé par rapport à S1 ou S2. Au niveau international, il existe, dans les applications pratiques, des points de consigne proches de S1 et de S2, appelés respectivement seuil de déclenchement inférieur et seuil de déclenchement supérieur. Il existe même des exemples de déclenchements à de très faibles niveaux, de l'ordre de 20 mg (équivalent à $20 \times 10^{-3} \times 9,81 \text{ ms}^{-2}$), qui visent à améliorer l'état de préparation du site aux séismes hors dimensionnement.

Le seuil de déclenchement inférieur est associé à un séisme de niveau S1, qui est généralement concerné par les limites de fonctionnement normal. A ce niveau, il est attendu des SSC importants pour la sûreté qu'ils restent fonctionnels, bien que l'arrêt de la CNP puisse être exigé afin de satisfaire aux conditions d'autorisation. Un seuil de déclenchement automatique inférieur est prévu pour arrêter prématurément le réacteur avant la secousse maximale du séisme. Cela permet de réduire la puissance du cœur; il convient que cela limite également le transitoire de pression et les autres contraintes sur la CNP.

Le seuil de déclenchement supérieur est associé à un séisme de niveau S2, au-delà duquel d'importants dommages peuvent être provoqués par la force des mouvements sismiques. Un seuil de déclenchement supérieur peut réduire la probabilité d'un arrêt intempestif dû à un séisme de niveau inférieur, à une vibration de l'équipement ou à un choc accidentel.

Le point de consigne choisi pour une application spécifique doit être soigneusement évalué au moyen d'une analyse du point de consigne fondée sur le spectre de réponse de plancher (FRS) aux lieux d'implantation des capteurs sismiques. Lorsque le système de protection sismique est implanté pour faire face à des séismes réels probablement hors dimensionnement, il convient de prévoir un point de consigne d'arrêt proche du niveau S2. Si la justification du système de protection sismique est un arrêt anticipé du réacteur avant la secousse maximale du séisme, alors un point de consigne d'arrêt proche de S1 est privilégié. Dans ce dernier cas, si le déclenchement intempestif est particulièrement redouté, un seuil de déclenchement supérieur peut être adopté.

6.7 Exigences relatives aux interfaces

Les interfaces entre le système de protection sismique et les autres systèmes doivent être conçues pour réduire le plus possible l'effet des défaillances de l'équipement, empêcher la propagation des défaillances entre les systèmes et réduire le plus possible la probabilité de déclenchement intempestif du système de protection sismique. Une attention particulière doit être portée au type de logique à utiliser (par exemple, mise hors tension de déclenchement ou mise sous tension de déclenchement), qui a un impact déterminant sur la probabilité d'activation intempestive.